УДК 658.13 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-2-53-59

Использование адаптивных светофоров для улучшения экологической обстановки на перекрестках мегаполисов

Г. А. Гальченко [1], М. В. Бурняшева [2], Д. С. Дроздов [3]

[1,2]Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)
[3]Южный Федеральный Университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Заторы на перекрестках приводят к выбросам в атмосферу больших объемов загрязняющих веществ. Проблема разгрузки транспортной артерии может быть частично решена с помощью использования адаптивного режима переключения светофора. Анализ транспортной ситуации должен проводиться предварительно с помощью различных технических средств и программных комплексов.
Постановка задачи. Задачей данного исследования является анализ транспортной ситуации на перекрестках Ростова-на-Дону на основе натурных наблюдений и теоретических расчетов, выработка рекомендаций по совершенствованию организации движения.
Теоретическая часть. В качестве основного математического метода выбран метод электродинамического моделирования, на основе которого разработана компьютерная программа. Проведен анализ данных натурных наблюдений, теоретических расчетов и существующих датчиков присутствия автомобиля.
Выводы. Натурные наблюдения и математические расчеты показали значительную степень напряженности движения на выбранном перекрестке. Установка адаптивного светофора будет способствовать улучшению транспортной ситуации. Для реализации адаптивного режима переключения светофора предложено использовать TrafiCam - датчик присутствия автомобиля.

Ключевые слова: методы, моделирование, программный продукт, транспортные средства, перекресток, экология.

Для цитирования: Гальченко Г. А. Использование адаптивных светофоров для улучшения экологической обстановки на перекрестках мегаполисов/ Г. А. Гальченко, М. В. Бурняшева, Д. С. Дроздов // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 2 — С. 53‒59. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-2-53-59

Using adaptive traffic lights for improvement of environmental situaiton at metropolis crossroads

G. A. Galchenko[1], M. V. Byrnysheva[2], D. S. Drozdov[3]

[1,2]Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)
[3]Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. Jams at crossroads lead to emissions in atmosphere of great volumes of pollutants. The problem of unloading of a transport artery can be decided partially by means of usage of an adaptive mode of switching of a light signal. The analysis of a transport situation should be executed previously by means of various means and program complexes.
Problem statement. The task of the given research is the analysis of a transport situation at crossroads of Rostov-on-Don on the basis of full-scale supervision and theoretical calculations, development of advisories on the enhancement of organisation of traffic.
Theoretical part. The main mathematical method on which basis the computer program is developed, the method of electrodynamic modelling is. The analysis of the given full-scale supervision, theoretical calculations and present-position sensors of availability of the car is carried out.
Conclusions. Full-scale supervision and mathematical calculations showed significant degree of intensity of traffic on the given crossroads. Installation of an adaptive light signal will promote improvement of a transport situation. For realisation of an adaptive mode of switching of a light signal it is offered to use TrafiCam - the sensor of availability of the car.

Keywords: methods, modelling, software product, vehicles, crossroads, ecology.

For citation: Galchenko G. A., Byrnysheva M. V., Drozdov D. S. Using adaptive traffic lights for improvement of environmental situaiton at metropolis crossroads: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2020;2: 53−59. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-2-53-59

Введение. Транспортные проблемы мегаполисов, такие как заторы на перекрестках, приводят к большому объему загрязняющих атмосферу выбросов при работе двигателя автомобиля на холостом ходу или медленной работе. Проблема разгрузки УДК остро стоит перед департаментами крупных городов. Одно из решений этой проблемы - организация светофорного регулирования с учетом сложившейся на данный момент транспортной ситуации. Принятие решения об установке адаптивной светофорной системы должно основываться на анализе транспортной ситуации на перекрестке [1]. Для анализа широко используется такие подходы как натурные наблюдения, позволяющие определить структуру и численность ТС, программные комплексы и технические средства.

Постановка задачи. Первоначальной задачей данного исследования являлся анализ транспортной ситуации на перекрестках Ростова-на-Дону. На основе натурных наблюдений и теоретических расчетов выработка рекомендаций по совершенствованию организации движения.

Теоретическая часть. В данной работе предлагается использовать разработанный программный комплекс «Материальный поток» [2-3] для анализа дорожной ситуации на проблемных перекрестках с целью определения необходимости установки адаптивного светофора. Программный комплекс разработан на основе использования метода электродинамического моделирования [4] и позволяет рассчитать основные характеристики транспортной ситуации (интенсивность дорожного движения, напряженность и сопротивление) на конкретном перекрестке.

В качестве примера приведено использование данной программы для оценки и совершенствования ОДД на перекрестке пр. Ворошиловский – ул. Варфоломеева г. Ростов-на-Дону (рис. 1). На данном перекрестке велика интенсивность движения и часто возникают заторы.



Рис. 1. Карта перекрестка пр. Ворошиловский – ул. Варфоломеева г. Ростов-на-Дону

Проведены натурные наблюдения. Проанализирована загруженность перекрестка в разные дни недели: во время утренних и вечерних пиковых транспортных нагрузок (табл.1-3).

Таблица 1

Диаграмма количества легковых автомобилей

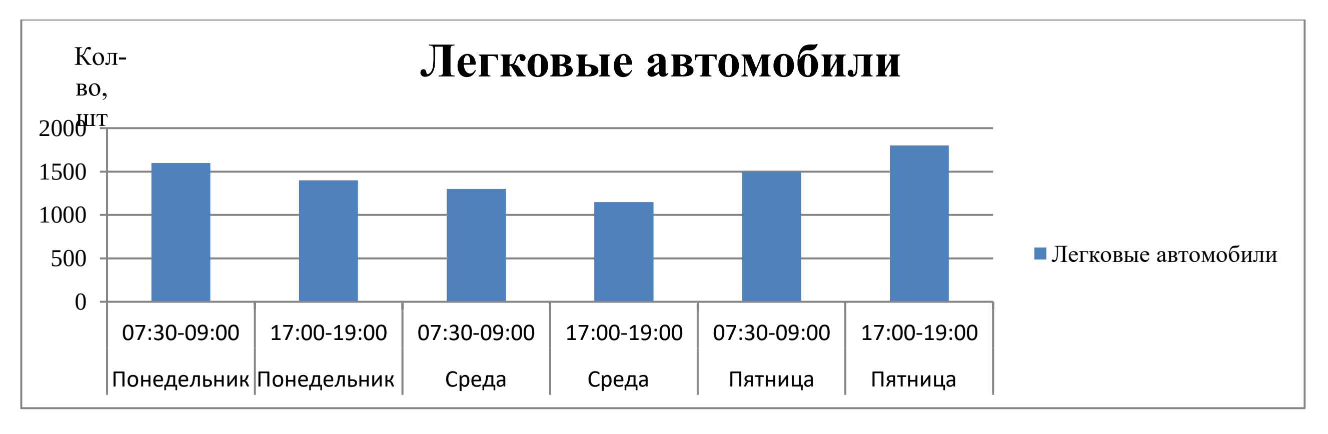


Таблица 2

Диаграмма количества грузовых автомобилей

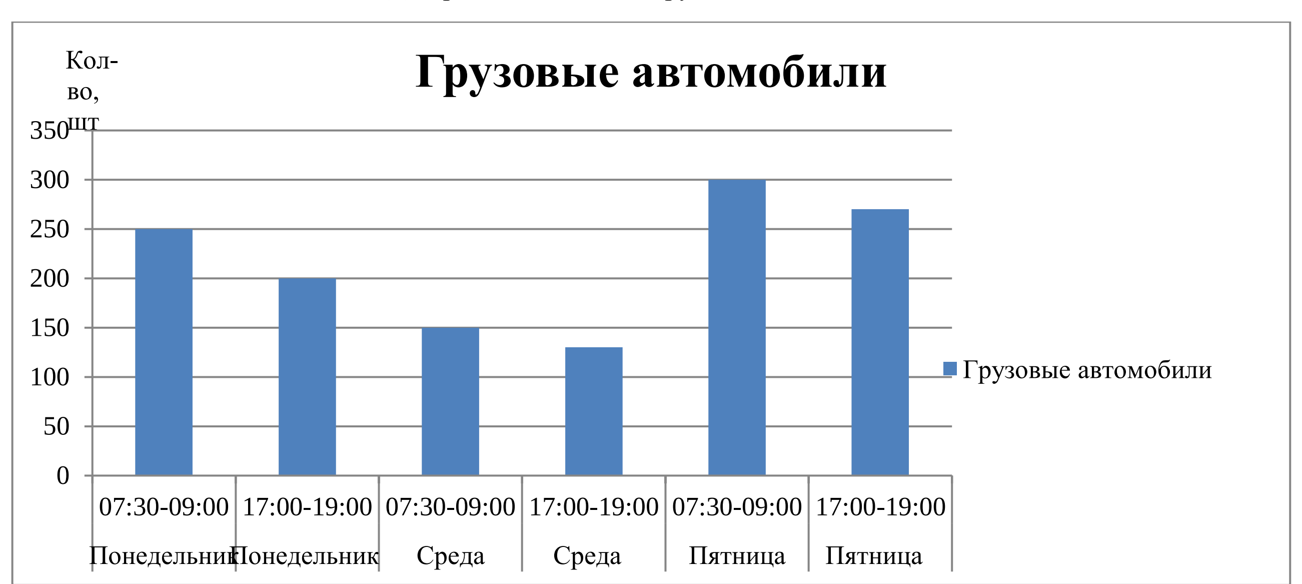
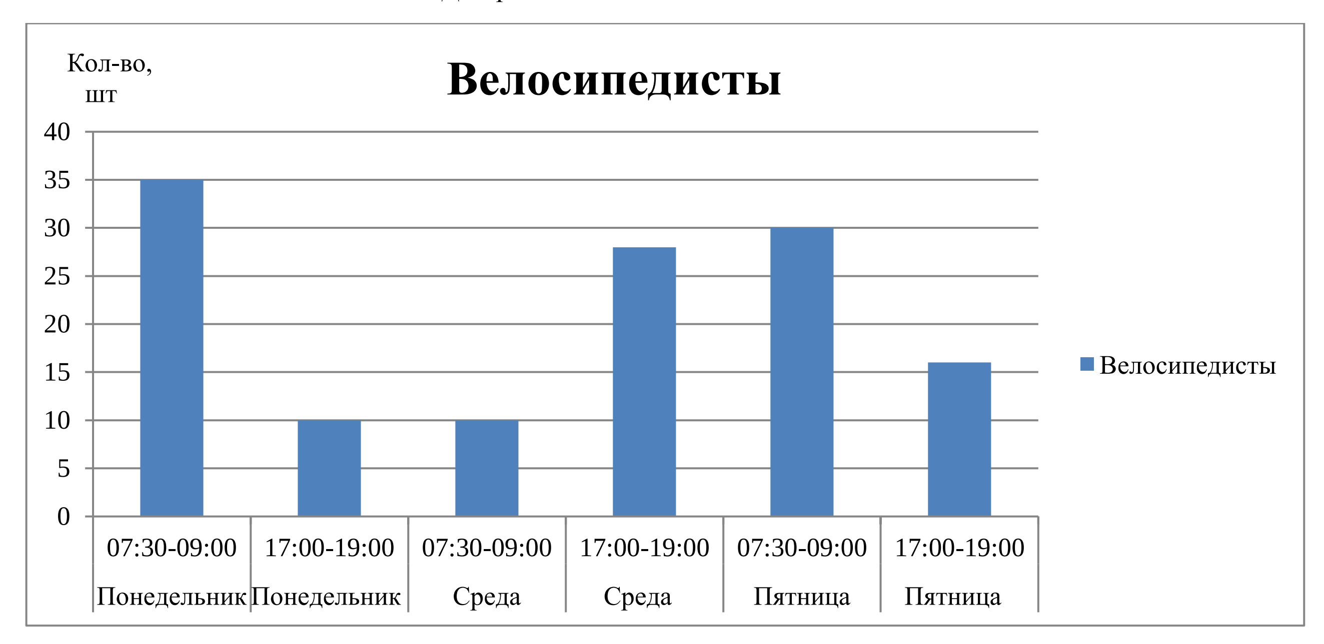


Таблица 3

Диаграмма количества велосипедистов



Для расчета основных транспортных характеристик перекрестка пр. Ворошиловский – ул. Варфоломеева г. Ростов-на-Дону использован метод электродинамического моделирования [5-7].

Проведены расчеты влияния скорости движения ТС на интенсивность движения (I) (рис.2) и сопротивление движению (R) (рис.3-4) при различных значениях количества транспортных средств на перекрестке и различных значениях сцепления колеса с дорогой (ψ) - различных погодных условиях.

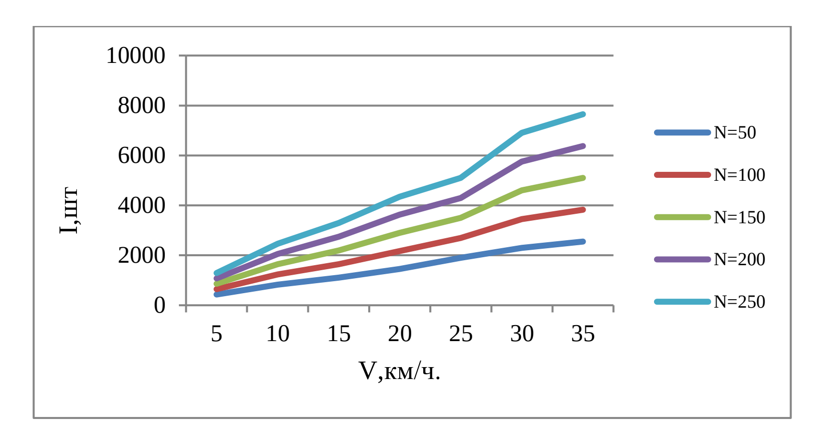


Рис. 2. Влияние скорости движения ТС на интенсивность движения при различных значениях количества ТС (N) на перекрестке

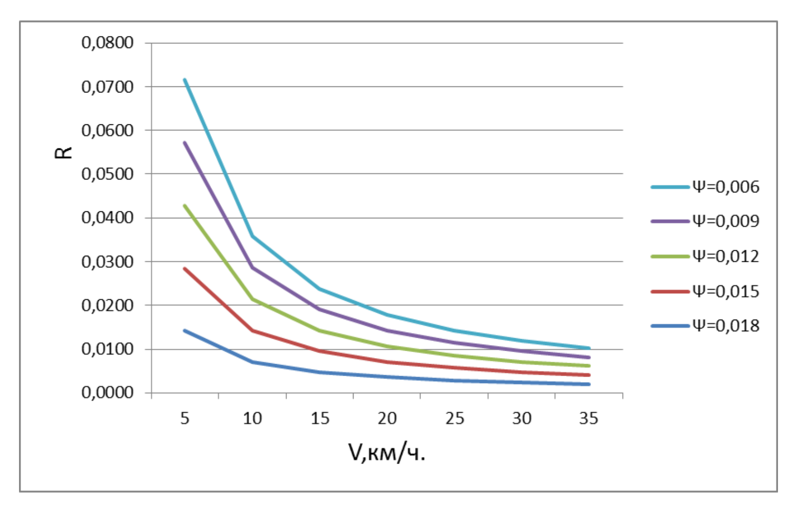


Рис. 3. Влияние скорости движения ТС на сопротивление движению при плотности потока q = 100 и различных погодных условиях (ψ)

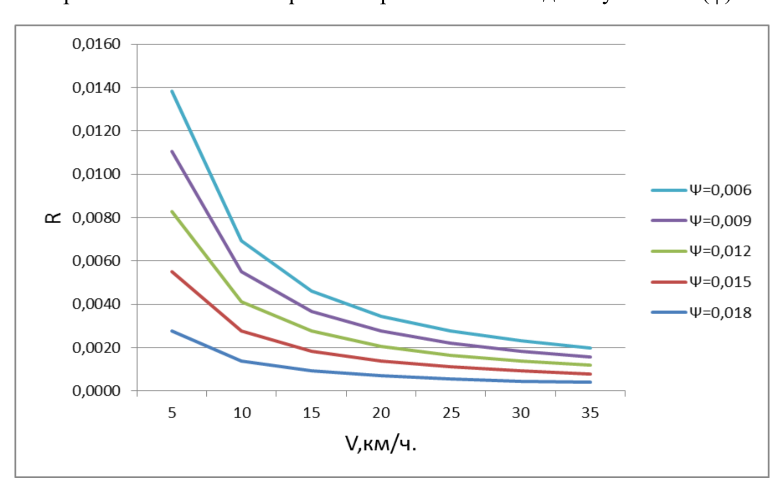


Рис. 4. Влияние скорости движения ТС на сопротивление движению при плотности потока q = 150 и различных погодных условиях (ψ)

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что на данном перекрестке интенсивное движение транспорта, скорость ТП уменьшается с ростом количества автомобилей, сопротивление движению увеличивается, особенно при ухудшении погодных условий. Улучшению транспортной ситуации на данном перекрестке может способствовать установка адаптивного светофора. Работа адаптивного светофора всегда сопровождается различного рода датчиками, которые располагаются до (Д1) и после (Д2) пересечения перекрестка. Датчик Д1 считывает номер подъезжающего к перекрестку автомобиля и заносит его в память компьютера, считая при этом количество подъезжающих автомобилей (N). Как только N достигает некоторого

заданного максимума Nmax, включается зеленый свет. Автомобиль, который покидает перекресток, учитывается детектором Д2, который удаляет номера автомобилей, проехавших через перекресток. Светофор переходит в другую фазу, и работа программы управления светофорным циклом возвращается на начало цикла. Такая работа светофорного цикла выполняется для обеих дорог. Условная схема расположения датчиков приведена на рис. 5, а для рассматриваемого перекрестка на рис. 1 указана стрелками.



Рис. 5. Схема расположения детекторов на условном перекрестке

Существует большое количество датчиков, которые могут быть использованы для реализации данного алгоритма. Серия датчиков присутствия автомобилей TrafiCam представляет собой сочетание камер с микросхемами CMOS-памяти и видеодетекторов. В эту серию входят два изделия: автономный датчик присутствия автомобилей TrafiCam и датчик TrafiCam x-stream с функцией сбора данных из видеопотока. Оба датчика TrafiCam и TrafiCam x-stream используются для обнаружения и мониторинга движущихся и неподвижных транспортных средств на управляемых перекрестках. Удобный веб-интерфейс позволяет пользователям датчиков TrafiCam x-stream управлять своими источниками видеоинформации в режиме ONLINE.



Рис. 6. а) Датчик TrafiCam



Рис. 6. б) Расположение датчика

Правонарушения правил дорожного движения фиксируются с помощью автоматических камер видео фиксации. На сегодняшний день в России, ГИБДД использует следующие виды камер и радаров:

Арена – стационарный комплекс. Данный комплекс предназначен для измерения скорости движения ТС и имеет программное обеспечение, позволяющее распознавать номер ТС. Обычно он устанавливается на высоте не более 8 метров и контролирует только одну полосу движения.

Арена 2 – стационарный комплекс. Устанавливается под некоторым углом к дороге и может контролировать две полосы движения. Комплекс обладает достаточной памятью, в которой накапливаются сведения о нарушениях и передаются на соответствующий пост дорожной патрульной службы.

Арена – передвижной комплекс - легко перемещаемое устройство, которое можно расположить на треноге на не большом расстоянии от дороги. Питание осуществляется с помощью аккумулятора. Нарушения скорости движения на данном участке трассы. Фотографируются и запоминаются в памяти комплекса.

Видео фиксатор «Беркут-Виза» – знание компьютера позволяет работать с этим устройством, используя возможности видеокамеры. Дорожная обстановка выводится на экран устройства в реальном режиме времени. Информация о нарушениях, в случае, когда превышено допустимое на данном участке трассы значение скорости, запоминается в файл и хранится в памяти компьютера.

Серия датчиков присутствия автомобилей TrafiCam представляет собой сочетание камер с микросхемами CMOS-памяти и видеодетекторов. В эту серию входят два изделия: автономный датчик

присутствия автомобилей, который собирает информацию из данных о видео потоке. Информация о присутствии автомобилей передается через соответствующие выходы или по IP-протоколу в контроллер светофора, и тем самым динамично регулируется продолжительность сигналов светофора. Таким образом транспортный поток оптимизируется за счет уменьшения времени ожидания на перекрестках. Информация передается в формате полного кадра, но может быть так же сжата в соответствующих форматах. Интерфейс этой серии датчиков удобный и позволяет работать в режиме ONLINE.

Заключение. Для моделирования оптимального распределения режимов работы светофорного регулирования можно использовать программный продукт PTV VISTRO. Данный программный продукт позволяет работать одновременно с несколькими перекрестками, оптимизируя и координируя движение. Однако стоимость данного продукта очень высока, что ограничивает его широкое использование.

Предлагаемый подход с использованием разработанного программного комплекса «Материальный поток», позволил собрать достаточно большую базу данных о проблемных перекрестках в г. Ростов-на-Дону [8], на которых необходима установка адаптивных светофоров. Из всех перечисленных датчиков предлагается установить TrafiCam – датчик присутствия автомобилей, так как этот датчик считает автомобили и тем самым будет разгружать дорогу. При возникновении на перекрестке пробки, которая затрудняет транспортный поток, датчик TrafiCam может направить в систему информацию о присутствии автомобилей, что позволит системе изменить схему переключения сигналов светофора.

Во многих странах мира широко используется адаптивные светофоры. В Москве адаптивные светофоры установлены более чем на 500 перекрестках. Рассмотренный выше подход организации дорожного движения на загруженных трассах позволяет значительно повысить среднюю скорость движения, уменьшить напряженность всей транспортной системы. Для городов и регионов России использование подхода организации адаптивного регулирования светофорных объектов даст заметный социальный эффект [9-10], так как приведет к уменьшению вредных выбросов от автомобилей и улучшит экологическую обстановку в целом.

Библиографический список

1. Моделирование транспортных потоков / С. И. Попов [и др.] - Ростов-на-Дону, 2018.– 284 с.

2. Гальченко, Г. А., Применение метода электромоделирования к расчету основных характеристик транспортных потоков / Г. А., Гальченко, О. Н., Дроздова, Д. А. Мищенко // Материалы форума "Безопасность, дорога, дети" – 2015, С. –141-145.

3. Марченко, Ю. В. Программный комплекс моделирования движения автотранспортных средств в городских условиях / Ю. В. Марченко, Г. А. Гальченко // Известия высших учебных заведений. Северо - Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2018. № 1 (197) .– С. 132-136.

4. Кущенко, С. В. Повышение эффективности организации движения на основе моделирования транспортных потоков. Диссер., Курск. – 2012.– 134 стр.

5. Попов, С. И. Использование математических методов и прикладных программных продуктов для расчета оптимизации дорожного движения. / С. И. Попов, Г. А. Гальченко, Д. С. Дроздов. – В сб.: Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении ("ISMCA' 2019") Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием – 2019. – С. 117-121.

6. Программный комплекс построения оптимального маршрута при караванном движении транспортных средств. / А. А. Короткий [и др.] // В сб.: Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019) сб. трудов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию ДГТУ . Ростов-на-Дону. – 2019. – С. 68-71.

7. Гальченко, Г. А. Оптимизации грузоперевозок в логистической структуре АПК. В сб.: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса / А. А. Короткий, Г. А. Гальченко, Д. С. Дроздов // Сб. науч. трудов XII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Дон. гос. техн. ун–т. Аграрный науч. центр «Донской». – 2019. – С. 721-723.

8. Гальченко, Г. А. Использование баз данных на транспорте. Теория создания: учеб. пособие / Г. А. Гальченко, С. И. Попов, Ю. В. Марченко . – Ростов н/Д. Издат. ДГТУ, 2018. – 111 с.

9. Короткий, А. А. Информационно-коммуникационная логистическая система для оптимизации транспортных маршрутов в урбанизированной среде / А. А. Короткий, Г. А. Гальченко, В. В. Иванов // Вестник Брянского гос. тех. ун - та.– 2018. № 4 (65) .– С. 63-67.

10. Гальченко, Г. А. Дигитализация и моделирование оптимального пути доставки грузов к станции Ростов -Товарная / Гальченко Г. А., Останин О. А., Иванов В. В. // Экономика и управление инновациями – 2018. № 4.– С. 61-70.

Сдана в редакцию 20.03.2020
Запланирована в номер 14.04.2020

Об авторах:

Гальченко Галина Алексеевна, старший научный сотрудник кафедры «Эксплуатация транспортных средств и логистика» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5966-0423, ggalchenko@inbox.ru

Бурняшева Мария Владимировна, магистрант кафедры «Эксплуатация транспортных средств и логистика» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6707-6198, m.burnyasheva@yandex.ru

Дроздов Дмитрий Сергеевич, студент кафедры «Информатики и вычислительного эксперимента» Южного федерального университета (344006, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Содовая, 105), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0381-1012, ds-drozdov@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

Г. А. Гальченко – Научное руководство, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, корректировка выводов. М. В. Бурняшева – Натурные наблюдения, подготовка текста, формирование выводов. Д. С. Дроздов – Разработка программного комплекса, проведение расчетов, анализ результатов исследований, доработка текста.

Submitted 20.03.2020
Scheduled in the issue 14.04.2020

Information about the authors:

Galchenko, Galina A., Senior Researcher, Department of Operation of Vehicles and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), candidate of physical and mathematical Sciences, Associate Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5966-0423, ggalchenko@inbox.ru

Burnyasheva, Mariya V., Master's degree student, Department of Operation of Vehicles and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6707-6198, m.burnyasheva@yandex.ru

Drozdov, Dmitriy S., Student, Department of Computer Science and Computational Experiment, Southern Federal University (105, Bolshaya Sodovaya street, Rostov-on-Don, 344006, RF), ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0381-1012, ds-drozdov@yandex.ru

Contribution of the authors:

G. A. Galchenko — scientific supervision, formation of the main concept, goals and objectives of the research, correction of conclusions. M. V. Burnyasheva — field observations, preparation of the text, formation of conclusions. D. S. Drozdov — development of a software package, calculations, analysis of research results, revision of the text.